

5        **MAT DEFORMABLE A RENFORT FIBREUX POUR LA FABRICATION DE  
COMPOSITES A MATRICE THERMOPLASTIQUE**

10

L'invention concerne un mat déformable comprenant un renfort fibreux et une matière thermoplastique destiné à la réalisation de pièces composites, en particulier par moulage.

15        La fabrication de pièces composites à matrice thermoplastique renforcée par des fibres est généralement effectuée par moulage de matériaux qui associent une matière de renforcement, notamment du verre, et une matière thermoplastique sous forme filamentaire, tels que des non tissés, des tissus ou des structures de fils organisés non entrelacés, liées notamment par tricotage ou  
20        la chaleur (« thermoliées »).

Les techniques de moulage, sous vide ou à l'aide d'une vessie, consistent à revêtir un moule avec le matériau, puis à chauffer le moule afin que la matière thermoplastique qui se trouve en contact étroit avec la surface du moule puisse en épouser parfaitement la forme, et enfin à refroidir pour obtenir la pièce moulée.

25        De manière générale, ces matériaux ont une cohésion autorisant leur manipulation sans altération de l'assemblage des fils et ils sont suffisamment souples pour pouvoir être disposés correctement dans le moule.

30        Ces matériaux sont globalement satisfaisants pour réaliser des produits moulés plans ou incurvés. En revanche, des problèmes surviennent lorsque les pièces à obtenir présentent un fort embouti et/ou une forme complexe. On constate en effet qu'en raison de leur aptitude limitée à se déformer, aussi bien lors du placement dans le moule que pendant le moulage, les matériaux ont tendance à former des plis qui affectent l'aspect et les propriétés mécaniques de la pièce moulée.

35        Des non tissés aptes au moulage sont notamment obtenus à partir de fils

de verre d'une part et de fils thermoplastiques d'autre part, tous deux coupés et préalablement ouverts par un traitement mécanique approprié. Ces non tissés sont généralement obtenus par cardage et nappage mécanique ou nappage pneumatique desdits fils pour former une nappe, laquelle nappe subit ensuite une opération d'aiguilletage visant à lier les fils entre eux de manière à obtenir une cohésion suffisante pour permettre leur manipulation. Cependant, l'aiguilletage conduit à orienter les filaments perpendiculairement au plan du non tissé, ce qui entraîne une augmentation importante de l'épaisseur avec pour conséquences un découpage plus difficile, l'apparition de déchirures consécutives à l'étirement lors du placement dans le moule et un chauffage moins efficace lors du moulage dû à la présence d'un volume important d'air emprisonné entre les fils (de l'ordre de 80 à 90 %) qui joue le rôle d'isolant thermique. L'inconvénient lié au chauffage est d'autant plus important que le plus souvent plusieurs non tissés empilés les uns sur les autres sont nécessaires pour le moulage.

Dans les tissus, les tricots et les structures de fils entrelacés, les fils sont organisés régulièrement et de ce fait ils présentent une faible épaisseur et une compacité élevée (volume d'air emprisonné inférieur à environ 60 %). Néanmoins, leur aptitude à se déformer n'est pas la même dans toutes les directions ; s'ils peuvent s'allonger de manière importante dans le sens du biais, en revanche la déformation dans le sens des fils de renfort (chaîne et trame) est quasiment nulle. Aux endroits du moule présentant un fort embouti ou une forme complexe, les fils ont tendance à s'écartier, laissant apparaître dans les zones de la pièce moulée correspondant à ces endroits une épaisseur plus faible que dans les autres parties, voire même une absence totale de renfort et de matière thermoplastique. A ces mêmes endroits, on peut encore observer des irrégularités de surface sous la forme notamment d'aspérités résultant du remplissage incomplet des reliefs par le renfort et de matière thermoplastique du fait notamment que les fibres de renforcement sont trop tendues pour suivre parfaitement le contour du moule. Ces défauts sont rédhibitoires.

La présente invention a pour objet un mat déformable adapté à la réalisation de pièces composites à fort embouti et/ou de forme complexe comprenant une matrice thermoplastique renforcée par des fibres.

Un autre objet de l'invention concerne le procédé permettant d'obtenir ledit mat déformable, ce procédé comprenant une étape de liage modéré des fibres.

Conformément à l'invention, le mat déformable est constitué d'au moins une nappe comprenant au moins une matière de renfort et au moins une matière thermoplastique, ces matières se présentant sous la forme de fils coupés ou de fils continus, et les fils étant liés entre eux de manière à ce que le mat présente un 5 allongement à la rupture dans toutes les directions d'au moins 50 % et de préférence variant de 100 à 150 %.

Par « mat », on entend ici un élément peu épais par rapport à sa surface et présentant une souplesse suffisante pour être déposé à l'intérieur d'un moule sans former de plis.

10 Le mat selon l'invention se caractérise également en ce qu'il est relativement compact. Il présente une compacité intermédiaire entre celle des structures à fils organisés (tissus et structures liées par tricotage ou thermoliées) et les non tissés décrits précédemment. Le caractère compact du mat s'apprécie ici par sa porosité qui en règle générale varie de 65 à 80 %.

15 La porosité du mat est définie par la relation suivante :

$$P = 100 \times [1 - \rho (M_R/\rho_R + 1 - M_R + \rho_m)]$$

dans laquelle

$P$  est la porosité en %

$\rho$  est la masse volumique du mat en g/cm<sup>3</sup>

20  $\rho_R$  est la masse volumique du renfort en g/cm<sup>3</sup>

$\rho_m$  est la masse volumique de la matière thermoplastique en g/cm<sup>3</sup>

$M_R$  est la fraction massique de renfort

La matière de renfort s'entend ici d'une matière ayant un point de fusion ou de dégradation plus élevé que celui de la matière thermoplastique précitée.

25 Généralement, il s'agit d'une matière communément utilisée pour le renforcement des matières thermoplastiques, telles que le verre, le carbone, l'aramide, les céramiques et les fibres végétales, par exemple le lin, le sisal et le chanvre. De préférence, on choisit le verre.

30 La matière thermoplastique peut être toute matière apte à pouvoir être transformée en fibres. Ce peut être par exemple du polyéthylène, du polypropylène, du polyéthylène téréphtalate, du polybutylène téréphtalate, du polysulfure de phénylène, un polymère choisi parmi les polyamides et les polyesters thermoplastiques, ou tout autre matière à caractère thermoplastique.

Conformément à l'invention, le mat comprend au moins une matière de

renforcement et au moins une matière thermoplastique, l'une et/ou l'autre de ces matières pouvant se présenter sous la forme de fils continus ou de fils coupés. Ces fils peuvent être constitués pour tout ou partie de fils comprenant une ou plusieurs matières de renforcement et de fils constitués d'une ou plusieurs 5 matières thermoplastiques. De manière préférée, les fils sont constitués de filaments de matière de renforcement et de filaments de matière thermoplastique, par exemple de fils mixtes obtenus par la réunion et le bobinage simultané de fils de l'une des matières et de fils de l'autre matière, ou de fils co-mêlés constitués de filaments de matière(s) de renforcement et de filaments de matière(s) 10 thermoplastique(s) intimement mélangés.

De manière avantageuse, les fils du mat sont constitués pour au moins 50 % en poids de fils co-mêlés, de préférence au moins 80 % et de façon particulièrement préférée 100 %.

De préférence encore, les fils co-mêlés sont constitués de filaments de 15 verre et de filaments de matière organique thermoplastique, de préférence du polypropylène.

Avantageusement, les filaments entrant dans la constitution des fils co-mêlés présentent une répartition uniforme au sein du fil. La fabrication de tels fils est par exemple décrite dans les brevets EP-A-0 599 695, EP-A-0 616 055 et FR- 20 A 2 815 046.

De manière générale, la matière de renforcement (de préférence du verre) représente au moins 10 % du poids du mat déformable, de préférence 30 à 85 %, et avantageusement 40 à 75 %.

De manière générale, les fils coupés ont une longueur inférieure à 100 mm, 25 de préférence comprise entre 20 et 60 mm.

Pour lier les fils constituant la nappe, on peut utiliser différents moyens comme cela est indiqué plus loin.

Le mat déformable selon l'invention peut être obtenu par le procédé comprenant les étapes consistant à :

- 30 - déposer sur un substrat en mouvement au moins un fil continu et/ou des fils coupés comprenant au moins une matière de renfort et au moins une matière thermoplastique pour former une nappe
- soumettre la nappe à un traitement permettant de lier les fils entre eux pour former un mat déformable, et

- collecter le mat.

La dépose du ou des fils continus s'effectue dans le sens de déplacement du substrat sous la forme de boucles superposées au moyen de dispositif connu approprié, par exemple au moyen d'un dispositif de projection du fil opérant par aspiration d'air, par exemple un dispositif Venturi, ou d'un dispositif animé d'un mouvement oscillant, de préférence placé en aval d'un dispositif permettant d'acheminer le fil à une vitesse constante.

La dépose des fils coupés peut quant à elle être effectuée en introduisant des fils déroulés ou dévidés à partir d'enroulements, par exemple de stratifils, 10 dans un coupeur adapté à la nature du fil. Tout type de coupeur connu peut être utilisé, par exemple un dispositif dans lequel le fil est coupé par des lames disposées en couronne sur lesquelles le fil est préalablement enroulé et pressé par un galet presseur revêtu d'un élastomère ou un coupeur opérant par cisaillement du fil entre des lames montées sur un rotor ou sur une guillotine et 15 une contre-lame fixe.

Le traitement conduisant à lier les fils doit préserver l'intégrité des filaments de renfort afin que ceux-ci remplissent la fonction de renforcement qui leur est dévolue. Il s'agit d'effectuer un liage « léger » qui doit éviter de donner une trop grande cohésion au mat final car ce dernier n'aurait plus la souplesse requise pour 20 tapisser correctement l'intérieur du moule lors de l'opération de moulage. Les conditions de traitement doivent donc être adaptées de manière que le mat présente la « déformabilité » visée.

Selon une première variante préférée, les fils sont liés par couture au moyen d'un fil de liaison plus fin que les fils de la nappe, par exemple un fil de masse linéique comprise entre 40 et 300 dtex. Le fil peut être constitué d'une matière de renforcement, par exemple de l'aramide ou d'une matière organique thermoplastique, par exemple du polypropylène, du polyester ou du polyamide. On préfère les coutures présentant de l'élasticité, par exemple par tricotage selon la technique Malimo d'un fil plat ou mieux encore d'un fil « texturé » ayant une élasticité propre (en anglais "texturized yarn"). De préférence, les fils mis en œuvre par cette méthode de couture-tricotage sont espacés d'environ 5 mm dans le sens longitudinal et d'environ 7 mm dans le sens transversal de déplacement de la nappe.

Selon une deuxième variante, la liaison est effectuée par un traitement

mécanique qui permet de réaliser un léger enchevêtrement des filaments constituant les fils, tel qu'un aiguilletage modéré ou une exposition à des jets d'eau sous pression.

S'agissant de l'aiguilletage, on peut utiliser tout dispositif adapté, par exemple un support muni d'aiguilles animé d'un mouvement alternatif vertical qui, en passant au travers de la nappe, provoquent un entremêlement des filaments. Pour des produits « lourds », deux supports se faisant face disposés de part et d'autre de la nappe permettent d'avoir un aiguilletage symétrique.

L'enchevêtrement par exposition à des jets d'eau sous pression peut être mis en œuvre en projetant l'eau sur la nappe disposée sur un support perforé ou passant au-dessus d'un tapis métallique, et les jets d'eau rebondissant sur le tapis réalisant un entremêlement modéré des fils.

Selon une troisième variante, la liaison est réalisée par décharge couronne. Pour cela, on met en contact la nappe avec un cylindre-électrode équipé de pointes soumis à une haute tension et une haute fréquence. Les décharges provoquent une fusion localisée de la matière organique thermoplastique au niveau des pointes permettant de lier les fils les uns aux autres, la liaison restant suffisamment ténue pour que le mat conserve une souplesse compatible avec l'opération de moulage. Il est également possible d'obtenir un résultat équivalent en utilisant des électrodes à ultrasons animées d'un mouvement alternatif ou rotatif. A titre d'exemple, on obtient une liaison satisfaisante avec 4 points/cm<sup>2</sup>, de préférence 1 à 2 points/cm<sup>2</sup>, les points ayant une dimension inférieure à 2 mm, de préférence 1 mm.

Selon une quatrième variante, on procède par apport d'une matière adhésive qui développe ses propriétés collantes à chaud (ou thermocollante). De manière générale, la matière adhésive possède un point de fusion inférieur à celui de la matière des fils dont le point de fusion est le plus bas ; elle est également chimiquement compatible avec cette dernière. La matière adhésive peut être liquide ou solide, par exemple une poudre, un film ou un voile. La température de traitement est généralement inférieure de 10 à 40°C à la température de fusion de la matière des fils de point de fusion le plus bas.

Le mat obtenu à l'issue du traitement de liaison est suffisamment souple pour être bobiné sur un support, par exemple un tube de faible diamètre pouvant varier de 50 à 150 mm.

Ce mat présente en outre une masse surfacique au moins égale à 700 g/m<sup>2</sup>, de préférence inférieure à 4000 g/m<sup>2</sup>, et avantageusement variant de 1500 à 3000 g/m<sup>2</sup>.

Parce qu'il est déformable et compact, le mat selon l'invention est bien 5 adapté à la réalisation de pièces à fort embouti et/ou de configuration complexe par moulage, notamment sous vide ou en compression.

Dans le moulage sous vide, le mat est placé sur ou dans le moule non chauffé (à la température ambiante), puis on effectue le moulage proprement dit en chauffant à une température supérieure à la température de fusion de la 10 matière thermoplastique tout en faisant le vide dans le moule. Le placement dans le moule est ici rendu particulièrement aisé du fait que le mat a une aptitude élevée à la déformation : on peut étirer le mat pour qu'il se conforme le mieux possible aux reliefs du moule sans l'endommager, en particulier sans qu'il se déchire ou forme des plis.

15 Dans le moulage en compression, le mat est chauffé à une température supérieure à la température de fusion de la matière thermoplastique avant d'être introduit dans le moule, également chauffé à une température de l'ordre de 70 à 80°C, et l'application d'un contre-moule permet d'obtenir la pièce moulée. Le mat selon l'invention présente l'avantage de pouvoir se déformer facilement et ainsi 20 d'assurer une répartition uniforme des fils dans la pièce finale, tout en conservant suffisamment de cohésion pour être manipulé aux températures indiquées et ne pas « s'effondrer » par gravité lors de son introduction dans le moule.

Le mat selon l'invention permet d'obtenir des pièces moulées présentant l'épaisseur voulue, sans défauts tels que des « trous » ou des aspérités de 25 surface, et ayant des propriétés mécaniques, notamment de résistance en flexion et aux chocs, tout à fait satisfaisantes.

D'autres avantages et caractéristiques de l'invention apparaîtront à la lumière des figures et de l'exemple qui suivent donnés à titre d'illustration.

La figure 1 représente une vue schématique d'un dispositif permettant une 30 première mise en œuvre de l'invention.

La figure 2 représente une vue schématique d'un dispositif selon une autre variante de la première mise en œuvre de l'invention.

La figure 3 représente une vue schématique d'un dispositif permettant une deuxième mise en œuvre de l'invention.

Dans les figures, les éléments en commun portent les mêmes références.

Dans la figure 1, les fils co-mêlés 1 provenant d'enroulements (non représentés) entrent dans le coupeur 2. Les fils coupés 3 tombent sur le tapis 4 et sont dirigés vers le convoyeur 5. Le tapis 4 est animé d'un mouvement alternatif 5 transversal permettant d'assurer une répartition régulière des fils coupés sur l'ensemble du convoyeur 5. La nappe 6 de fils coupés est reprise par le tapis 7 dont la surface est revêtue d'aiguilles en surface, puis elle est introduite dans la cheminée nappeuse 8. La cheminée peut être équipée d'un dispositif (non représenté) de dosage pondéral qui permet de contrôler le débit des fils coupés. 10 Les fils coupés sortant de la cheminée 8 sont déposés sur le convoyeur 9 en formant la nappe 10 qui passe entre les rouleaux 11 et 12 avant d'entrer dans la machine 13 où elle est liée par couture-tricotage. Le mat 15 guidé par les rouleaux d'appel 15, 16 est enroulé sous forme de bobine 17.

Dans la figure 2, les fils co-mêlés 1 sont introduits dans l'enceinte 18 par les 15 conduits 19 munis de coupeurs (non représentés). Le caisson d'aspiration 20 sous le tapis 21 muni de perforations assure le maintien de la nappe 22 de fils coupés sur ce dernier.

La nappe 22 passe ensuite sous un dispositif de poudrage 23 composé d'un cylindre pourvu de rainures 24 relié à la base d'un réservoir 25 rempli de la 20 poudre de liant thermofusible, puis sur la table vibrante 26 qui assure la pénétration de la poudre dans la nappe et enfin dans la calandre 27 composée des rouleaux chauffants 28, 29. Le mat formé 30 est découpé en segments par la lame 31.

Dans la figure 3, le fil co-mêlé 1 provenant du stratifil 32 disposé sur un 25 centre (non représenté) est guidé par les roulettes 33, 34 et passe entre les rouleaux d'appel 35, 36 à vitesse constante.

Le fil pénètre dans un dispositif d'aspiration 37 du type Venturi qui le projette en boucles sur le tapis 21. L'action du caisson aspirant 20 aide à maintenir la nappe 36 de boucles sur le tapis 21. La nappe passe entre les 30 rouleaux d'appel 38, 39 puis dans un dispositif d'aiguilletage 40 comprenant un support 41 pourvu d'aiguilles et une plaque 42 perforée pour le passage des aiguilles au travers de la nappe. En aval des rouleaux d'appel 43, 44, le mat 45 est collecté sous forme de bobine 17.

Pour des raisons de clarté, un seul fil est représenté ; néanmoins, on ne

sort pas du cadre de l'invention avec plusieurs fils guidés et projetés individuellement au moyen des organes précités sur le tapis 21.

#### **EXAMPLE 1**

On réalise un mat déformable à l'aide du dispositif de la figure 1.

5 Des fils co-mêlés (Twintex®; 60 % en poids de verre et 40 % en poids de polypropylène; masse linéique 1870 tex) issus de stratifils disposés sur un cantré sont coupés dans le coupeur 2 à la longueur de 50 mm.

10 Les fils coupés formant la nappe 10 sont liés au niveau du dispositif de couture-tricotage 13 (Malimo) par tricotage au moyen d'un fil texturé de polyester (masse linéique : 167 dtex). Les points de tricot ont une longueur de 5 mm et les lignes de couture sont espacées de 7 mm. Le mat est bobiné sur un tube de 90 mm de diamètre. Il présente une épaisseur moyenne de 3,5 mm, une masse surfacique de l'ordre de 1500 g/m<sup>2</sup> et une porosité égale à 71 %. Le mat présente un allongement de l'ordre de 100 % dans quelque direction que ce soit mesuré 15 dans les conditions de la norme ISO 3342 – 1995.

#### **EXAMPLE 2**

On réalise un mat déformable à l'aide du dispositif de la figure 3.

20 Des fils co-mêlés (Twintex®; 60 % en poids de verre et 40 % en poids de polypropylène coloré en noir; masse linéique 1870 tex) issus de stratifils sont projetés individuellement en boucles sur le tapis 21 par le biais de buses Venturi 37. La nappe 36 est liée par aiguilletage (profondeur de pénétration : 20 mm ; 70 coups/cm<sup>2</sup>). Le mat obtenu 45 est collecté sous forme d'enroulement 17.

25 Le mat obtenu a une épaisseur moyenne de 6,5 mm, une masse surfacique de l'ordre de 3000 g/m<sup>2</sup> et une porosité égale à 69 %. Il présente un allongement à la rupture mesuré dans les conditions de l'exemple 1 égal à 80 %.

## REVENDICATIONS

1. Mat déformable, notamment pour la réalisation de pièces moulées, 5 constitué d'au moins une nappe comprenant au moins une matière de renfort et au moins une matière thermoplastique, ces matières se présentant sous la forme d'au moins un fil continu et/ou de fils coupés, et les fils étant liés entre eux de manière à ce que le mat présente un allongement à la rupture dans toutes les directions d'au moins 50 %, de préférence variant de 100 à 150 %.

10 2. Mat selon la revendication 1, caractérisé en ce que les fils sont constitués pour tout ou partie de filaments de matière de renforcement et de filaments de matière thermoplastique.

15 3. Mat selon la revendication 2, caractérisé en ce que les fils sont constitués pour au moins 50 % en poids de fils co-mêlés, de préférence au moins 80 %.

4. Mat selon la revendication 3, caractérisé en ce que les fils co-mêlés sont constitués de filaments de verre et de filaments de matière organique thermoplastique, de préférence du polypropylène.

20 5. Mat selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisé en qu'il renferme au moins 10 % en poids de matière de renforcement, de préférence 30 à 85 %.

25 6. Mat selon l'une des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que les fils coupés ont une longueur inférieure à 100 mm, de préférence comprise entre 20 et 60 mm.

7. Mat selon l'une des revendications 1 à 6, caractérisé en ce qu'il présente une porosité qui varie de 65 à 80 %.

8. Mat selon l'une des revendications 1 à 7, caractérisé en ce qu'il présente une masse surfacique au moins égale à 700 g/m<sup>2</sup>, de préférence inférieure à 4000 g/m<sup>2</sup>.

30 9. Procédé de fabrication d'un mat déformable selon l'une des revendications 1 à 8 qui comprend les étapes consistant à :

- déposer sur un substrat en mouvement au moins un fil continu et/ou des fils coupés comprenant au moins une matière de renfort et au moins une matière thermoplastique pour former une nappe

- soumettre la nappe à un traitement permettant de lier les fils entre eux pour former un mat déformable, et
- collecter le matériau.

10. Procédé selon la revendication 9, caractérisé en ce que le traitement de liaison des fils est effectué par couture au moyen d'un fil de liaison plus fin que les fils de la nappe.

11. Procédé selon la revendication 10, caractérisé en ce que le fil de liaison a une masse linéique comprise entre 40 et 300 dtex et que la couture est effectuée par couture-tricotage.

10 12. Procédé selon la revendication 9, caractérisé en ce que le traitement de liaison des fils est effectué mécaniquement, par aiguilletage modéré ou exposition à des jets d'eau sous pression.

15 13. Procédé selon la revendication 9, caractérisé en ce que le traitement de liaison des fils est effectué fusion localisée de la matière thermoplastique, notamment par décharge couronne ou par ultrasons.

14. Procédé selon la revendication 9, caractérisé en ce que le traitement de liaison des fils est effectué par apport d'une matière thermocollante.

15. Utilisation du matériau selon l'une des revendications 1 à 9 pour la fabrication de pièces composites par moulage.

20 16. Utilisation selon la revendication 15, caractérisée en ce que le moulage est effectué sous vide ou en compression.

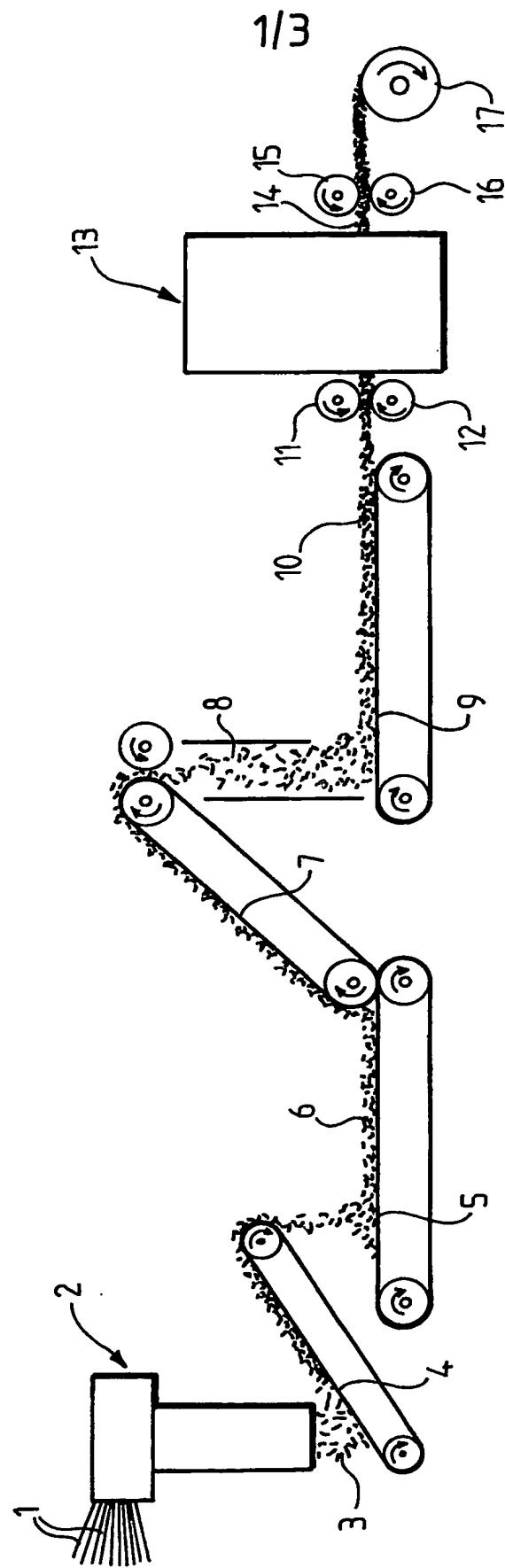


FIG.1

FEUILLE DE REMplacement (REGLE 26)

2/3

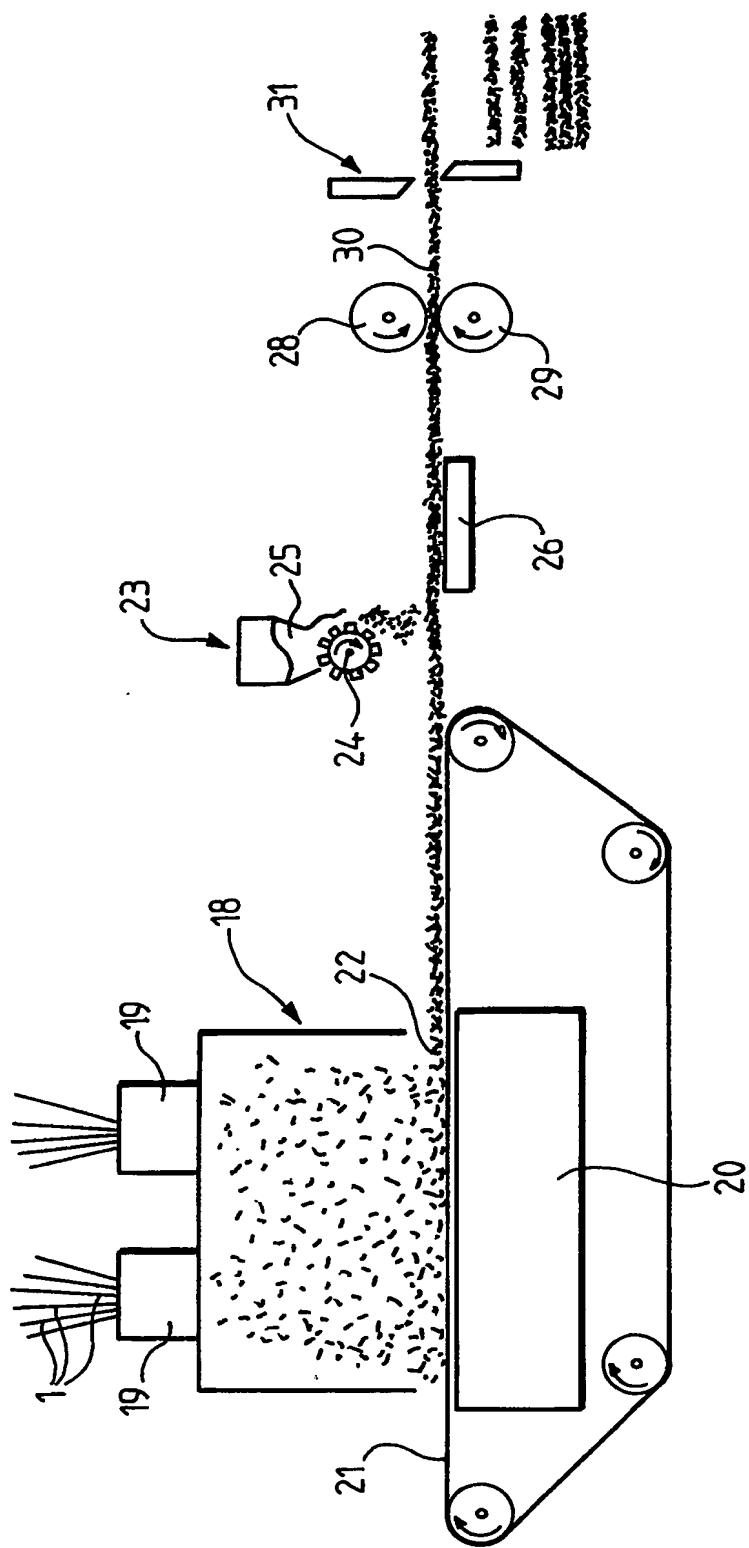


FIG. 2

3/3

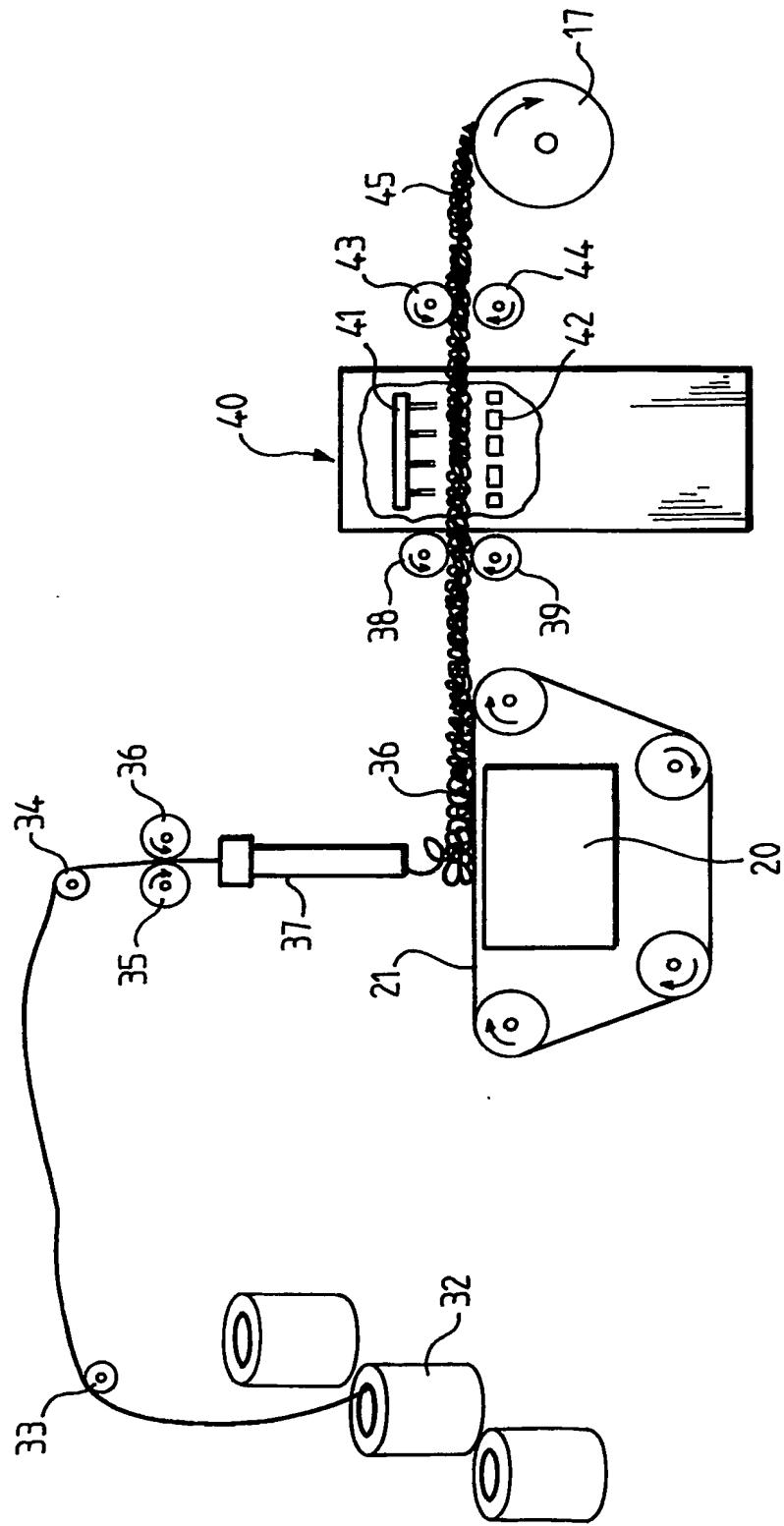


FIG. 3